

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 6月10日
Date of Application:

出願番号 特願2003-165381
Application Number:

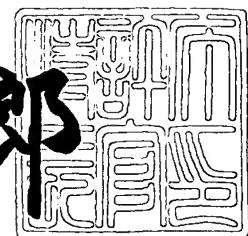
[ST. 10/C] : [JP2003-165381]

出願人 株式会社デンソー
Applicant(s):

2003年 7月 9日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



【書類名】 特許願
【整理番号】 IP08054
【提出日】 平成15年 6月10日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01M 8/04
【発明者】
【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
【氏名】 今村 朋範
【発明者】
【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
【氏名】 尾▲崎▼ 哲斎
【発明者】
【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
【氏名】 河合 利幸
【発明者】
【住所又は居所】 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
【氏名】 伊豆原 英嗣
【特許出願人】
【識別番号】 000004260
【氏名又は名称】 株式会社デンソー
【代理人】
【識別番号】 100100022
【弁理士】
【氏名又は名称】 伊藤 洋二
【電話番号】 052-565-9911

【選任した代理人】

【識別番号】 100108198

【弁理士】

【氏名又は名称】 三浦 高広

【電話番号】 052-565-9911

【選任した代理人】

【識別番号】 100111578

【弁理士】

【氏名又は名称】 水野 史博

【電話番号】 052-565-9911

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-221387

【出願日】 平成14年 7月30日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 038287

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9300006

【包括委任状番号】 9701008

【包括委任状番号】 9905390

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 燃料電池システム

【特許請求の範囲】

【請求項1】 酸素を主成分とする酸化ガスと水素を主成分とする燃料ガスとを、多数のセルにて電気化学反応させて電気エネルギーを発生させる燃料電池（10）を備える燃料電池システムにおいて、

前記多数のセルを複数のセルグループに分けて、前記セルグループ毎の出力電圧を計測する電圧計測手段（12）と、

前記出力電圧の平均電圧を演算すると共に、前記平均電圧と前記出力電圧とに基づいて前記燃料電池（10）の運転状態を診断する診断手段（40）とを備え、

前記診断手段（40）は、前記平均電圧が第1所定範囲内であり、且つ前記出力電圧が第2所定範囲を外れるセルグループが存在するときには、前記燃料電池（10）内の水が過剰であると推定することを特徴とする燃料電池システム。

【請求項2】 酸素を主成分とする酸化ガスと水素を主成分とする燃料ガスとを、多数のセルにて電気化学反応させて電気エネルギーを発生させる燃料電池（10）を備える燃料電池システムにおいて、

前記多数のセルを複数のセルグループに分けて、前記セルグループ毎の出力電圧を計測する電圧計測手段（12）と、

前記出力電圧の平均電圧および前記出力電圧の電圧ばらつきを演算すると共に、前記平均電圧と前記電圧ばらつきとに基づいて前記燃料電池（10）の運転状態を診断する診断手段（40）とを備え、

前記診断手段（40）は、前記平均電圧が第1所定範囲を外れ、且つ前記電圧ばらつきが第3所定範囲内であるときには、前記燃料電池（10）内の水が不足であると推定することを特徴とする燃料電池システム。

【請求項3】 酸素を主成分とする酸化ガスと水素を主成分とする燃料ガスとを、多数のセルにて電気化学反応させて電気エネルギーを発生させる燃料電池（10）を備える燃料電池システムにおいて、

前記多数のセルを複数のセルグループに分けて、前記セルグループ毎の出力電

圧を計測する電圧計測手段（12）と、

前記出力電圧の平均電圧および前記出力電圧の電圧ばらつきを演算すると共に、前記平均電圧と前記電圧ばらつきとに基づいて前記燃料電池（10）の運転状態を診断する診断手段（40）とを備え、

前記診断手段（40）は、前記平均電圧が第1所定範囲を外れ、且つ前記電圧ばらつきが第3所定範囲を外れるときには、前記燃料ガスの供給量が不足していると推定することを特徴とする燃料電池システム。

【請求項4】 酸素を主成分とする酸化ガスと水素を主成分とする燃料ガスとを、多数のセルにて電気化学反応させて電気エネルギーを発生させる燃料電池（10）を備える燃料電池システムにおいて、

前記多数のセルを複数のセルグループに分けて、前記セルグループ毎の出力電圧を計測する電圧計測手段（12）と、

前記出力電圧の経時変化を非振動成分と振動成分とに分解し、前記非振動成分と前記振動成分とに基づいて前記燃料電池（10）の運転状態を診断する診断手段（40）とを備えることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項5】 前記診断手段（40）は、前記非振動成分と、前記非振動成分の変化速度と、前記振動成分の経時的なばらつきとに基づいて、前記燃料電池（10）の運転状態を診断することを特徴とする請求項4に記載の燃料電池システム。

【請求項6】 前記診断手段（40）は、前記非振動成分が低下傾向にあり、且つ前記振動成分のばらつきが第4所定範囲内のときは、前記燃料電池（10）内の水が過剰状態に移行していると推定することを特徴とする請求項5に記載の燃料電池システム。

【請求項7】 前記診断手段（40）は、前記非振動成分が低下傾向にあり、且つ前記振動成分のばらつきが第4所定範囲を外れるときは、前記燃料電池（10）内の水が不足状態に移行していると推定することを特徴とする請求項5または6に記載の燃料電池システム。

【請求項8】 前記診断手段（40）は、前記非振動成分が増加傾向にあるときには、前記燃料電池（10）内の水が適正状態に移行していると推定するこ

とを特徴とする請求項5に記載の燃料電池システム。

【請求項9】 前記診断手段(40)は、前記非振動成分が低下傾向にあり、且つ前記非振動成分の低下速度が所定値以上のときには、前記燃料ガスの供給量が不足していると推定することを特徴とする請求項5ないし8のいずれか1つに記載の燃料電池システム。

【請求項10】 酸素を主成分とする酸化ガスと水素を主成分とする燃料ガスとを、多数のセルにて電気化学反応させて電気エネルギーを発生させる燃料電池(10)を備える燃料電池システムにおいて、

前記多数のセルを複数のセルグループに分けて、前記セルグループ毎の出力電圧を計測する電圧計測手段(12)と、

前記セルグループ毎の温度を計測する温度計測手段と、

温度が高いセルグループの出力電圧である高温セル出力電圧および温度が低いセルグループの出力電圧である低温セル出力電圧に基づいて前記燃料電池(10)の運転状態を診断する診断手段(40)とを備えることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項11】 前記低温セル出力電圧が、前記高温セル出力電圧よりも低く、且つ、水の量が適正であるときの出力電圧予測値よりも所定値以上低いときには、前記燃料電池(10)内の水が過剰であると推定することを特徴とする請求項10に記載の燃料電池システム。

【請求項12】 前記高温セル出力電圧が、前記低温セル出力電圧よりも低く、且つ、水の量が適正であるときの出力電圧予測値よりも所定値以上低いときには、前記燃料電池(10)内の水が不足であると推定することを特徴とする請求項10または11に記載の燃料電池システム。

【請求項13】 前記温度計測手段は、前記各セル毎に設置されていることを特徴とする請求項10ないし12のいずれか1つに記載の燃料電池システム。

【請求項14】 前記温度計測手段は、前記多数のセルの一部に設置され、前記温度計測手段が設置されたセルの中から最も高温のセルと最も低温のセルとを選択することを特徴とする請求項10ないし12のいずれか1つに記載の燃料電池システム。

【請求項15】 前記温度計測手段は、前記多数のセルの一部に設置され、前記温度計測手段が設置されていないセルの温度は、前記一部のセルに設置された前記温度計測手段の計測値から補間して推定することを特徴とする請求項10ないし12のいずれか1つに記載の燃料電池システム。

【請求項16】 前記セルグループは、1つのセルで構成されることを特徴とする請求項10ないし15のいずれか1つに記載の燃料電池システム。

【請求項17】 前記セルグループは、複数のセルで構成されることを特徴とする請求項10ないし15のいずれか1つに記載の燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、水素と酸素との電気化学反応により電気エネルギーを発生させる燃料電池を備える燃料電池システムに関するもので、車両、船舶及びポータブル発電機等の移動体用発電機、或いは家庭用発電機に適用して有効である。

【0002】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】

水素と酸素との電気化学反応を利用して発電を行う燃料電池システムでは、水素や酸素の供給不足、燃料流路および空気流路における液滴滞留、電解質膜の乾燥による導電率低下によって、電池の出力が低下する。また、このような条件下で燃料電池システムを運転した場合、燃料電池の劣化が加速され、信頼性の低下につながる。

【0003】

よって、よりマージンを持たせた運転条件で運転させることで、信頼性は向上するが、水素の過剰供給や酸素の過剰供給、或いは加湿水の過剰供給により、システム効率の低下につながる。

【0004】

ところで、特開2002-164065号公報には、冷却水を流す方向を切替えることで燃料電池セルの積層方向に所定の相対湿度分布を形成し、そのときの各セルの出力電圧分布で燃料電池の湿潤状態を判定する燃料電池システムが記載

されている。ここで、燃料電池内の温度分布は、冷却水入口側が最も低く冷却水出口側が最も高くなることを前提にしており、それ故、燃料電池内の相対湿度分布は、冷却水入口側が最も高く冷却水出口側が最も低くなるとしている。

【0005】

しかしながら、冷却水出口側のセルはセルを収納する容器等を介して放熱されるのに対し、中間部のセルはそのような放熱がされにくいため、冷却水出口側のセルよりも中間部のセルの方が温度が高くなるのが一般的である。また、発電中の各種条件、たとえば冷却水温度、外気温度、発電量等によっても、燃料電池内の温度分布傾向は変化する。

【0006】

このように、燃料電池の湿潤状態を判定する際の前提となる燃料電池内の温度分布および相対湿度分布は、必ずしも上記公報に記載のようにはならないため、冷却水入口側が最も低く冷却水出口側が最も高くなることを前提とした判定では、燃料電池の湿潤状態を正確に判定することができないという問題があった。

【0007】

本発明は上記の点に鑑みてなされたもので、燃料電池内の温度分布にかかわらず、燃料電池の運転状態（電解質膜の湿潤状態や水素や酸素の供給状態等）を正確に推定可能にすることを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、請求項1に記載の発明では、酸素を主成分とする酸化ガスと水素を主成分とする燃料ガスとを、多数のセルにて電気化学反応させて電気エネルギーを発生させる燃料電池（10）を備える燃料電池システムにおいて、多数のセルを複数のセルグループに分けて、セルグループ毎の出力電圧を計測する電圧計測手段（12）と、出力電圧の平均電圧を演算すると共に、平均電圧と出力電圧とに基づいて燃料電池（10）の運転状態を診断する診断手段（40）とを備え、診断手段（40）は、平均電圧が第1所定範囲内であり、且つ出力電圧が第2所定範囲を外れるセルグループが存在するときには、燃料電池（10）内の水が過剰であると推定することを特徴とする。

【0009】

これによると、燃料電池内の温度分布にかかわらず、燃料電池内の水が過剰である状態か否かを正確に推定することができる。

【0010】

請求項2に記載の発明では、酸素を主成分とする酸化ガスと水素を主成分とする燃料ガスとを、多数のセルにて電気化学反応させて電気エネルギーを発生させる燃料電池（10）を備える燃料電池システムにおいて、多数のセルを複数のセルグループに分けて、セルグループ毎の出力電圧を計測する電圧計測手段（12）と、出力電圧の平均電圧および出力電圧の電圧ばらつきを演算すると共に、平均電圧と電圧ばらつきとに基づいて燃料電池（10）の運転状態を診断する診断手段（40）とを備え、診断手段（40）は、平均電圧が第1所定範囲を外れ、且つ電圧ばらつきが第3所定範囲内であるときには、燃料電池（10）内の水が不足であると推定することを特徴とする。

【0011】

これによると、燃料電池内の温度分布にかかわらず、燃料電池内の水が不足している状態か否かを正確に推定することができる。

【0012】

請求項3に記載の発明では、酸素を主成分とする酸化ガスと水素を主成分とする燃料ガスとを、多数のセルにて電気化学反応させて電気エネルギーを発生させる燃料電池（10）を備える燃料電池システムにおいて、多数のセルを複数のセルグループに分けて、セルグループ毎の出力電圧を計測する電圧計測手段（12）と、出力電圧の平均電圧および出力電圧の電圧ばらつきを演算すると共に、平均電圧と電圧ばらつきとに基づいて燃料電池（10）の運転状態を診断する診断手段（40）とを備え、診断手段（40）は、平均電圧が第1所定範囲を外れ、且つ電圧ばらつきが第3所定範囲を外れるときには、燃料ガスの供給量が不足していると推定することを特徴とする。

【0013】

これによると、燃料電池内の温度分布にかかわらず、燃料ガスの供給量が不足している状態か否かを正確に推定することができる。

【0014】

請求項4に記載の発明では、酸素を主成分とする酸化ガスと水素を主成分とする燃料ガスとを、多数のセルにて電気化学反応させて電気エネルギーを発生させる燃料電池(10)を備える燃料電池システムにおいて、多数のセルを複数のセルグループに分けて、セルグループ毎の出力電圧を計測する電圧計測手段(12)と、出力電圧の経時変化を非振動成分と振動成分とに分解し、非振動成分と振動成分とに基づいて燃料電池(10)の運転状態を診断する診断手段(40)とを備えることを特徴とする。

【0015】

これによると、燃料電池内の温度分布にかかわらず、燃料電池の運転状態を正確に推定することができる。

【0016】

請求項5に記載の発明では、診断手段(40)は、非振動成分と、非振動成分の変化速度と、振動成分の経時的なばらつきとに基づいて、燃料電池(10)の運転状態を診断することを特徴とする。

【0017】

これによると、燃料電池内の温度分布にかかわらず、燃料電池の運転状態を正確に推定することができる。

【0018】

請求項6に記載の発明では、診断手段(40)は、非振動成分が低下傾向にあり、且つ振動成分のばらつきが第4所定範囲内のときは、燃料電池(10)内の水が過剰状態に移行していると推定することを特徴とする。

【0019】

これによると、燃料電池内の温度分布にかかわらず、燃料電池内の水が過剰状態に移行している状態か否かを正確に推定することができる。

【0020】

請求項7に記載の発明では、診断手段(40)は、非振動成分が低下傾向にあり、且つ振動成分のばらつきが第4所定範囲を外れるときは、燃料電池(10)内の水が不足状態に移行していると推定することを特徴とする。

【0021】

これによると、燃料電池内の温度分布にかかわらず、燃料電池内の水が不足状態に移行している状態か否かを正確に推定することができる。

【0022】

請求項8に記載の発明では、診断手段（40）は、非振動成分が増加傾向にあるときには、燃料電池（10）内の水が適正状態に移行していると推定することを特徴とする。

【0023】

これによると、燃料電池内の温度分布にかかわらず、燃料電池（10）内の水が適正状態に移行している状態か否かを正確に推定することができる。

【0024】

請求項9に記載の発明では、診断手段（40）は、非振動成分が低下傾向があり、且つ非振動成分の低下速度が所定値以上のときには、燃料ガスの供給量が不足していると推定することを特徴とする。

【0025】

これによると、燃料電池内の温度分布にかかわらず、燃料ガスの供給量が不足している状態か否かを正確に推定することができる。

【0026】

請求項10に記載の発明では、酸素を主成分とする酸化ガスと水素を主成分とする燃料ガスとを、多数のセルにて電気化学反応させて電気エネルギーを発生させる燃料電池（10）を備える燃料電池システムにおいて、多数のセルを複数のセルグループに分けて、セルグループ毎の出力電圧を計測する電圧計測手段（12）と、セルグループ毎の温度を計測する温度計測手段と、最も温度が高いセルグループの出力電圧である高温セル出力電圧および最も温度が低いセルグループの出力電圧である低温セル出力電圧に基づいて燃料電池（10）の運転状態を診断する診断手段（40）とを備えることを特徴とする。

【0027】

これによると、燃料電池内の温度分布にかかわらず、燃料電池の運転状態を正確に推定することができる。

【0028】

請求項11に記載の発明では、低温セル出力電圧が、高温セル出力電圧よりも低く、且つ、水の量が適正であるときの出力電圧予測値よりも所定値以上低いときには、燃料電池（10）内の水が過剰であると推定することを特徴とする。

【0029】

これによると、燃料電池内の温度分布にかかわらず、燃料電池内の水が過剰である状態か否かを正確に推定することができる。

【0030】

請求項12に記載の発明では、高温セル出力電圧が、低温セル出力電圧よりも低く、且つ、水の量が適正であるときの出力電圧予測値よりも所定値以上低いときには、燃料電池（10）内の水が不足であると推定することを特徴とする。

【0031】

これによると、燃料電池内の温度分布にかかわらず、燃料電池内の水が不足している状態か否かを正確に推定することができる。

【0032】

請求項13に記載の発明では、温度計測手段は、各セル毎に設置されていることを特徴とする。

【0033】

これによると、最も温度が高いセルおよび最も温度が低いセルを容易且つ正確に選択することができる。

【0034】

請求項14に記載の発明では、温度計測手段は、多数のセルの一部に設置され、温度計測手段が設置されたセルの中から最も高温のセルと最も低温のセルとを選択することを特徴とする。

【0035】

これによると、少ない数の温度計測手段にて実施することができる。

【0036】

請求項15に記載の発明では、温度計測手段は、多数のセルの一部に設置され、温度計測手段が設置されていないセルの温度は、一部のセルに設置された温度

計測手段の計測値から補間して推定することを特徴とする。

【0037】

これによると、少ない数の温度計測手段にて、最も温度が高いセルおよび最も温度が低いセルを選択することができる。

【0038】

なお、請求項16に記載の発明のように、セルグループは1つのセルで構成されるものであってもよいし、請求項17に記載の発明のように、セルグループは複数のセルで構成されるものであってもよい。

【0039】

なお、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものである。

【0040】

【発明の実施の形態】

(第1実施形態)

図1は第1実施形態に係る燃料電池システムを示す模式図で、この燃料電池システムは例えば電気自動車に適用される。

【0041】

図1に示すように、本実施形態の燃料電池システムは、水素と酸素との電気化学反応を利用して電力を発生する燃料電池10を備えている。この燃料電池10は、電気負荷11や2次電池(図示せず)等の電気機器に電力を供給するものである。因みに、電気自動車の場合、車両走行用の電動モータが電気負荷11に相当する。

【0042】

本実施形態では燃料電池10として固体高分子電解質型燃料電池を用いており、基本単位となる燃料電池セルが複数個積層され、且つ電気的に直列接続されている。燃料電池10では、以下の水素と酸素の電気化学反応が起こり電気エネルギーが発生する。

【0043】

(負極側) $H_2 \rightarrow 2 H^+ + 2 e^-$



そして、各セル毎の出力電圧を検出するセルモニタ12が設けられ、セルモニタ12で検出したセル電圧信号が後述する制御部40に入力されるようになっている。また、燃料電池10の出力側には燃料電池10の動作電流値を測定する電流センサ13が設けられており、電流センサ13で検出した動作電流値がセルモニタ12を介して後述する制御部40に入力されるようになっている。なお、セルモニタ12は本発明の電圧計測手段に相当する。

【0044】

燃料電池システムには、燃料電池10の空気極（正極）側に空気（酸素）を供給するための空気流路20と、燃料電池10の燃料極（負極）側に水素を供給するための燃料流路30が設けられている。なお、空気は本発明の酸化ガスに相当し、水素は本発明の燃料ガスに相当する。

【0045】

空気流路20の最上流部には、大気中から吸入した空気を燃料電池10に圧送するための空気ポンプ21が設けられ、空気流路20における空気ポンプ21と燃料電池10との間には、空気への加湿を行う加湿器22が設けられ、空気流路20における燃料電池10の下流側には、燃料電池10に供給される空気の圧力を調整するための空気調圧弁23が設けられている。

【0046】

燃料流路30の最上流部には、水素が充填された水素ボンベ31が設けられ、燃料流路30における水素ボンベ31と燃料電池10との間には、燃料電池10に供給される水素の圧力を調整するための水素調圧弁32が設けられている。

【0047】

燃料流路30における燃料電池10の下流側は、水素調圧弁32の下流側に接続されて燃料流路30が閉ループに構成されており、これにより燃料流路30内で水素を循環させて、燃料電池10での未使用水素を燃料電池10に再供給するようしている。そして、燃料流路30における燃料電池10の下流側には、燃料流路30内で水素を循環させるための水素ポンプ33が設けられている。

【0048】

制御部（ECU）40は、本発明の診断手段に相当し、CPU、ROM、RAM等からなる周知のマイクロコンピュータとその周辺回路にて構成されている。そして、制御部40には、セルモニタ12からのセル電圧信号が入力される。また、制御部40は、演算結果に基づいて、空気ポンプ21、加湿器22、空気調圧弁23、水素調圧弁32、水素ポンプ33に制御信号を出力する。

【0049】

次に、上記構成の燃料電池システムの作動を、図1および図2に基づいて説明する。なお、図2は制御部40にて実行される制御処理のうち、燃料電池10の運転状態の診断にかかる部分の流れ図である。

【0050】

まず、燃料電池システムの通常運転における作動について説明する。負荷11からの電力要求に応じて、燃料電池10への空気供給量および水素供給量を制御する。具体的には、空気ポンプ21の回転数を制御して空気供給量を制御し、水素ポンプ33の回転数を制御して水素供給量を制御する。この際、空気供給量は、予め電圧ばらつきを発生しない供給量に設定する。そして、空気および水素の供給により、燃料電池10では電気化学反応により発電が起こり、発電した電力は負荷11に供給される。

【0051】

次に、燃料電池10の運転状態の診断について図2に基づいて説明する。まず、ステップS101では、燃料電池10の動作電流値を測定すると共に、以下の判定ステップで用いる所定範囲の値を動作電流値に基づいて決定する。ステップS101で決定する値は、セル電圧の平均値（以下、平均電圧Vaという）が正常な範囲か否かを判定するための第1所定範囲と、セル電圧の標準偏差σが正常な範囲か否かを判定するための第3所定範囲である。

【0052】

ステップS102では、各セル毎の出力電圧を測定して読み込み、ステップS103では、ステップS102で読み込んだセル電圧から平均電圧Vaを演算し、ステップS104では、ステップS102で読み込んだセル電圧から、セル間の電圧ばらつきの度合を示す標準偏差σを演算する。

【0053】

ステップS105では、平均電圧 V_a が第1所定範囲内であるか否かを判定し、平均電圧 V_a が第1所定範囲内であればステップS105がYESとなり、ステップS106に進む。

【0054】

ステップS106では、各セル毎の出力電圧と第2所定範囲とを比較し、出力電圧が第2所定範囲を外れたセルが存在するか否かを判定する。ここで、第2所定範囲 $= V_a - a \cdot \sigma$ であり、 a は定数である。そして、出力電圧が第2所定範囲を外れたセルが存在しなければステップS106がNOとなり、ステップS107に進む。

【0055】

このステップS107に進んだ場合、ステップS105およびステップS106の判定結果から、平均電圧 V_a は正常な範囲にあり、また、全てのセルの出力電圧のばらつきは小さい。従って、ステップS107では、燃料電池10の運転状態は適正状態であると判定し、この判定結果をステップS108にて保存する。

【0056】

また、ステップS106がYESの場合は、ステップS109に進む。ここで、図3はステップS105およびステップS106がともにYESとなってステップS109に進んだ場合の各セルの出力電圧の例を示している。図3において、多数の白丸印「○」は各セルの出力電圧、実線の V_0 は電解質膜の加湿が適正な状態のときのセル電圧の平均値（以下、適正時平均電圧という）である。なお、適正時平均電圧 V_0 は本発明の適正時出力電圧に相当する。

【0057】

ステップS109に進んだ場合、図3に示すように、破線で示す平均電圧 V_a は適正時平均電圧 V_0 に近い値で正常な範囲にあるものの、一部のセルの出力電圧は一点鎖線で示す第2所定範囲 $= V_a - a \cdot \sigma$ を外れた値になっている。

【0058】

そして、水素イオンを導伝する電解質膜の加湿が充分に行われていれば平均電

圧 V_a は低下しにくい。しかし、あるセルの燃料流路もしくは空気流路に水が溜まると、水素や空気の分配にばらつきが発生するため、水が溜まったセルのみ出力電圧が大幅に低下する。従って、ステップS109では、燃料電池10の運転状態は、燃料電池10内の燃料流路もしくは空気流路の水過剰状態と判定し、この判定結果をステップS108にて保存する。

【0059】

この場合、水素調圧弁32により水素供給圧力を上げて、燃料電池10内の燃料流路の水を電解質膜を介して空気流路20へ排出することにより、燃料電池10内の燃料流路の水過剰状態を回避することができる。また、空気ポンプ21の回転数を上昇させることで空気流路20内の水を燃料電池10の外部に排出することで、空気流路の水過剰状態を回避できる。

【0060】

一方、ステップS105がNOの場合、ステップS110に進む。ステップS110では、標準偏差 σ が第3所定範囲内であるか否かを判定し、標準偏差 σ が第3所定範囲内であればステップS110がYESとなり、ステップS111に進む。

【0061】

ここで、図4はステップS105がNOでステップS110がYESとなってステップS111に進んだ場合の各セルの出力電圧の例を示している。ステップS111に進んだ場合、図4に示すように、破線で示す平均電圧 V_a は適正時平均電圧 V_0 よりも大幅に低下していて第1所定範囲外にあるものの、各セルの出力電圧のばらつきは少なくて標準偏差 σ は正常な範囲にある。

【0062】

そして、乾燥した空気を供給した場合、セル内に凝縮水が発生しづらく、出力電圧が大きくばらつくセルは発生しない。しかし、セル内部が乾燥するため、全てのセルの電解質膜が乾燥傾向になって平均電圧 V_a が大幅に低下する。また、乾燥した空気を供給した場合、燃料極に水が溜まりにくいため、液滴による水素の分配のばらつきは発生せず、電圧ばらつきは所定範囲におさまる。従って、ステップS111では、燃料電池10の運転状態は、電解質膜が乾燥した状態と判

定し、この判定結果をステップS108にて保存する。

【0063】

この場合、加湿器22による空気への加湿量を増加して、空気極側から電解質膜への含水を迅速に行うことにより、電解質膜が乾燥した状態を回避することができる。

【0064】

また、ステップS110がNOの場合は、ステップS112に進む。ステップS112に進んだ場合、ステップS105およびステップS110の判定結果から、平均電圧Vaは正常な範囲外にあり、また、標準偏差σも正常な範囲外にある。

【0065】

そして、水素の供給量が不足する場合、セル全体の出力が低下して平均電圧Vaが大幅に低下すると共に、セル間の水素の分配量のばらつきが大きくなって電圧ばらつきも大きくなる。従って、ステップS112では、燃料電池10の運転状態は、水素の供給量が不足している状態と判定し、この判定結果をステップS108にて保存する。

【0066】

この場合、水素ポンプ33の回転数を高めて水素供給量を増加することにより、水素の供給量が不足している状態を回避することができる。

【0067】

本実施形態によると、平均電圧と電圧ばらつきと出力電圧とに基づいて燃料電池の運転状態を診断することにより、燃料電池10内の温度分布にかかわらず、燃料電池10の出力変動の要因を正確に推定することができる。

【0068】

なお、本実施形態では、燃料電池10の動作電流値に基づいて第3所定範囲を決定したが、第3所定範囲は、各セルの出力電圧の計測値から算出した標準偏差に基づいて定めるようにしてもよい。

【0069】

(第2実施形態)

次に、本発明の第2実施形態について説明する。第1実施形態では、平均電圧と電圧ばらつきと出力電圧とに基づいて燃料電池10の運転状態を診断したが、本実施形態では、出力電圧の経時変化に基づいて燃料電池10の運転状態を診断するようにしたものである。なお、燃料電池システムの構成は第1実施形態と同一である。

【0070】

図5は制御部40にて実行される制御処理のうち、燃料電池10の運転状態の診断にかかる部分の流れ図である。

【0071】

まず、ステップS201では、燃料電池10の動作電流値を測定すると共に、以下の判定ステップで用いる所定範囲等の値を動作電流値に基づいて決定する。ステップS201で決定する値は、振動成分（詳細後述）の分散 σ^2 が正常な範囲か否かを判定するための第4所定範囲と、非振動成分（詳細後述）の電圧が正常な範囲か否かを判定するための第5所定範囲と、非振動成分の電圧低下速度が正常な範囲か否かを判定するための所定値である。

【0072】

ステップS202では、各セル毎の出力電圧を測定して読み込み、ステップS203では、制御部40内のメモリに格納された各セルの電圧履歴を読み込む。

【0073】

ステップS204では、ステップS202およびステップS203で読み込んだ各セル毎の電圧履歴を、振動成分と非振動成分とに分離する。図6はあるセルの電圧履歴の例を示すもので、実線が実際の電圧履歴データであり、電圧履歴データにおける1回毎の電圧変動分が振動成分に相当し、破線のように電圧履歴データを平滑化したものが非振動成分に相当する。

【0074】

ステップS205では、ステップS204で演算した各セルの振動成分の分散 σ^2 を算出する。ステップS206では、非振動成分の電圧が第5所定範囲内であるか否かを判定し、非振動成分の電圧が第5所定範囲内であればステップS206がYESとなり、ステップS207に進む。

【0075】

このステップS207に進んだ場合、ステップS206の判定結果から、非振動成分の電圧は正常な範囲にある。従って、ステップS207では、燃料電池10の運転状態は適正状態であると判定し、この判定結果をステップS208にて保存する。

【0076】

ステップS206がNOの場合、ステップS209に進み、非振動成分の電圧が上昇傾向か否かを判定する。そして、非振動成分の電圧が上昇傾向であればステップS209はYESとなり、ステップS210に進む。ステップS210では、燃料電池10の運転状態は適正状態に移行中であると判定し、この判定結果をステップS208にて保存する。

【0077】

ステップS209がNOの場合、ステップS211に進み、非振動成分の電圧低下速度が所定値以上か否かを判定する。そして、非振動成分の電圧低下速度が所定値以上、すなわち、非振動成分の電圧低下速度が急激な場合は、ステップS211がYESとなり、ステップS212に進む。ステップS212では、燃料電池10の運転状態は、水素の供給量が不足している状態と判定し、この判定結果をステップS208にて保存する。

【0078】

ステップS211がNOの場合ステップS213に進み、振動成分の分散 σ^2 が第4所定範囲内か否かを判定する。そして、振動成分の分散 σ^2 が第4所定範囲内であればステップS213がYESとなり、ステップS214に進む。

【0079】

そして、ステップS214に進むのは、非振動成分の電圧が緩やかに低下し、振動成分の分散 σ^2 、すなわちばらつきが小さい場合であり、このような状況は燃料電池10内の水分が増加する際に発生する。すなわち、水分の増加に伴って有効な反応面が減少して、全てのセルにおいて出力電圧が徐々に低下する。従って、ステップS214では、燃料電池10の運転状態は、燃料電池10内の水分が過剰状態に移行中であると判定し、この判定結果をステップS208にて保存

する。

【0080】

ステップS213がNOの場合ステップS215に進む。そして、ステップS215に進むのは、非振動成分の電圧が緩やかに低下し、振動成分のばらつきが大きい場合であり、このような状況は電解質膜の乾燥が進行する際に発生する。すなわち、電解質膜が乾燥するにつれて出力電圧が徐々に低下すると共に、電解質膜への吸脱水が起こるため出力電圧の変動が大きくなる。従って、ステップS215では、燃料電池10の運転状態は、電解質膜が乾燥状態に移行中であると判定し、この判定結果をステップS208にて保存する。

【0081】

本実施形態によると、出力電圧の経時変化に基づいて燃料電池の運転状態を診断することにより、燃料電池10内の温度分布にかかわらず、燃料電池10の出力変動の要因を精度よく推定することができる。

【0082】

(第3実施形態)

次に、本発明の第3実施形態について説明する。第1実施形態では、平均電圧と電圧ばらつきと出力電圧とに基づいて燃料電池10の運転状態を診断したが、本実施形態では、最も温度が高いセルの出力電圧と最も温度が低いセルの出力電圧とに基づいて燃料電池10の運転状態を診断するようにしたものである。なお、燃料電池システムの構成は第1実施形態と同一である。

【0083】

図7に示すように、燃料電池10はセルNo1～11の11個のセルが積層配置され、燃料電池10を冷却する冷却水はNo1のセル側から流入してNo11のセル側から流出するようになっている。また、セルの温度を計測する温度センサ50が各セル毎に設けられている。なお、温度センサ50は本発明の温度計測手段に相当する。

【0084】

ところで、燃料電池10の反応ガスは、外部の加湿器22により加湿して燃料電池10に供給される。そのため、どのセルにおいてもセル入口から同一の絶対

湿度を持った空気もしくは水素が供給される。一方、入口から同一の絶対湿度のガスを供給しても、燃料電池10の運転温度が変化することによって燃料電池内部の運転状態が変化する。燃料電池10の運転温度が低ければ水分過剰となりやすく、逆に運転温度が高ければ水分不足になりやすい。これらのことから、燃料電池10の各セル（もしくはセルグループ）の出力電圧と温度の関係から、燃料電池10に供給されるガス中の水分量が過剰であるか不足であるかを診断することができる。

【0085】

セル温度とセルの出力電圧の相関について説明する。図8は、入口の絶対湿度が一定の場合における、セル温度と出力電圧との相関を示す。この図から分かるように、温度が低下するとガス中の水分が過剰になることで出力電圧が低下する。逆に、温度が上昇するとガス中の水分が不足状態になって出力電圧が低下する。すなわち、入口から同一の絶対湿度のガスが供給される燃料電池10において、セルの出力電圧が低下しかつセルの温度が低い場合は水分過剰、セルの出力電圧が低下しかつセルの温度が高い場合は水分不足と診断することができる。

【0086】

また、図9および図10は、燃料電池10内のセルの位置に対する、セルの出力電圧分布およびセル温度分布の例を示している。これらの図の横軸は、燃料電池10内のセルの位置であり、図中左側が冷却水入口側のセル、図中右側が冷却水出口側のセルである。そして、水分不足時には、図9に示すように温度が高いセルが乾燥してそのセルの出力が低下する。一方、水分過剰時には、図10に示すように温度の低いセルで凝縮水が多量に発生してそのセルの出力が低下する。

【0087】

本実施形態は、上記のようなセル温度とセルの出力電圧との関係に基づいて、燃料電池10内部の水分量が過剰であるか不足であるかを診断するものであり、図11に基づいて説明する。図11は制御部40にて実行される制御処理のうち診断にかかる部分の流れ図である。

【0088】

まず、燃料電池10の動作電流値を測定し（ステップS201）、各セルの温

度を測定して読み込み（ステップS202）、ステップS202で読み込んだデータに基づいて最も温度が高いセルを選定し（ステップS203）、ステップS202で読み込んだデータに基づいて最も温度が低いセルを選定する（ステップS204）。

【0089】

次に、ステップS203で選定した最高温セルの出力電圧（以下、高温セル出力電圧 $V_{t\max}$ という）を測定し（ステップS205）、ステップS204で選定した最低温セルの出力電圧（以下、低温セル出力電圧 $V_{t\min}$ という）を測定する（ステップS206）。なお、ステップS205で測定した出力電圧は、本発明の高温セル出力電圧に相当し、ステップS206で測定した出力電圧は、本発明の低温セル出力電圧に相当する。

【0090】

次に、高温セル出力電圧 $V_{t\max}$ と低温セル出力電圧 $V_{t\min}$ とを比較する（ステップS210）。高温セル出力電圧 $V_{t\max}$ よりも低温セル出力電圧 $V_{t\min}$ が高い場合、最も温度が高いセルの水の量が適正であるときの出力電圧（以下、出力電圧予測値という）を、制御部40内にあらかじめ記憶された「セル温度-電流-電圧特性マップ」から推定する（ステップS211）。

【0091】

次に、高温セル出力電圧 $V_{t\max}$ と、上記マップから推定した出力電圧予測値との差（ $V_{t\max}$ -出力電圧予測値）を、負の値である所定値 V_a と比較する（ステップS220）。

【0092】

そして、それらの差（ $V_{t\max}$ -出力電圧予測値）が所定値 V_a 未満となる場合には（ステップS220がYES）、図9に示すように温度が高いセルが乾燥してそのセルの出力電圧が著しく低下していると判断でき、水分が不足、具体的には電解質膜が乾燥していると診断する（ステップS221）。逆に、それらの差（ $V_{t\max}$ -出力電圧予測値）が所定値 V_a 以上となる場合、すなわち温度最高のセルの出力電圧が低下していない場合は（ステップS220がNO）、水分は適正と診断する（ステップS222）。

【0093】

ステップS210に戻り、高温セル出力電圧V_{tm a x}が低温セル出力電圧V_{tm i n}よりも高い場合（ステップS210がYES）、最も温度が低いセルの水の量が適正であるときの出力電圧（以下、出力電圧予測値という）を、制御部40内にあらかじめ記憶された「セル温度-電流-電圧特性マップ」から推定する（ステップS212）。

【0094】

次に、低温セル出力電圧V_{tm i n}と、上記マップから推定した出力電圧予測値との差（V_{tm i n}-出力電圧予測値）を、負の値である所定値V_bと比較する（ステップS230）。そして、それらの差（V_{tm i n}-出力電圧予測値）が所定値V_b未満となる場合には（ステップS230がYES）、図10に示すように温度の低いセルで凝縮水が多量に発生してそのセルの出力電圧が著しく低下していると判断でき、過剰な凝縮水が発生していると診断する（ステップS231）。逆に、それらの差（V_{tm i n}-出力電圧予測値）が所定値V_b以上となる場合、すなわち温度最高のセルの出力電圧が低下していない場合は（ステップS230がNO）、水分は適正と診断する（ステップS232）。

【0095】

水分が「不足」と診断された場合は、燃料電池内部の水分量を増加させるようシステムを制御する。逆に、「過剰」と診断された場合は燃料電池内部の水分量を減少させるようシステムを制御する。因みに、水分量を増加させるには、加湿器22による加湿量の増加、空気供給圧力増加または水素供給圧力低下による電解質膜への水分供給促進等の、方法がある。また、水分量を減少させるには、加湿器22による加湿の停止、空気供給圧力低下または水素供給圧力増加による電解質膜への水分供給抑制等の、方法がある。

【0096】

本実施形態によると、最も温度が高いセルの出力電圧と最も温度が低いセルの出力電圧とに基づいて燃料電池10の運転状態を診断することにより、燃料電池10内の温度分布にかかわらず、燃料電池10の出力変動の要因を精度よく推定することができる。

【0097】

(第4実施形態)

次に、本発明の第4実施形態について説明する。第3実施形態では各セル毎に温度センサ50を設けたが、本実施形態では、図12に示すように数セルおき（本例では2つおき）に温度センサ50を設置している。

【0098】

センサ50を設置していないセルの温度は、図13に示すように、数セルおきに設置したセンサ50の測定温度（白丸印）から補間により推定する。そして、補間により推定した温度分布から、最高温度のセル（本例ではセルNo.8）および最低温度のセル（本例ではセルNo.1）を選択する。以下、第3実施形態と同様に、最も温度が高いセルの出力電圧と最も温度が低いセルの出力電圧とに基づいて燃料電池10の運転状態を診断する。

【0099】

なお、本実施形態では、補間により推定した温度分布から最高温度のセルおよび最低温度のセルを選択したが、温度センサ50が設置されたセルの中から最高温度のセルおよび最低温度のセルを選択するようにしてもよい。

【0100】

(第5実施形態)

次に、本発明の第5実施形態について説明する。最も温度が高いセルが、最も水分の不足が発生しやすい。そのため、最も温度が高いセルを水分の不足なく動作させれば燃料電池10の各セルの水分不足は発生しない。そこで、本実施形態では、最も温度が高いセルに着目して制御を行うようにしたものである。

【0101】

なお、燃料電池システムの構成は第1実施形態と同一である。図14は制御部40にて実行される制御処理のうち診断および制御にかかる部分の流れ図であり、第3実施形態（図11参照）と同一の部分には同一の符号を付している。

【0102】

図14において、ステップS201～ステップS206を実行後、高温セル出力電圧V_{tmamax}と低温セル出力電圧V_{tmimin}とを比較する（ステップS21

0)。

【0103】

高温セル出力電圧 $V_{t\max}$ が低温セル出力電圧 $V_{t\min}$ よりも高い場合（ステップ S 210 が YES）、燃料電池内部の水分量は適正もしくは過剰であると予想される。よって、水分量を低減させる制御を行っても瞬時に乾燥状態に移行しないため、水分量を低減させる制御を行う（ステップ S 320）。

【0104】

一方、高温セル出力電圧 $V_{t\max}$ よりも低温セル出力電圧 $V_{t\min}$ が高い場合は（ステップ S 210 が NO）、燃料電池内部の水分量は不足している可能性がある。そのため、次に真に水分量が不足しているかどうかの判定を行う。

【0105】

まず、最も温度が高いセルの水の量が適正であるときの出力電圧を、制御部 40 内にあらかじめ記憶された「セル温度 - 電流 - 電圧特性マップ」から推定する（ステップ S 211）。次に、高温セル出力電圧 $V_{t\max}$ と、上記マップから推定した出力電圧予測値との差 ($V_{t\max}$ - 出力電圧予測値) を、負の値である所定値 V_a と比較する（ステップ S 220）。

【0106】

そして、それらの差 ($V_{t\max}$ - 出力電圧予測値) が所定値 V_a 未満となる場合には（ステップ S 220 が YES）、温度が高いセルが乾燥してそのセルの出力電圧が著しく低下していると判断し、燃料電池の水分量を増加させるよう制御する（ステップ S 331）。逆に、それらの差 ($V_{t\max}$ - 出力電圧予測値) が所定値 V_a 以上となる場合、すなわち温度最高のセルの出力電圧が低下していない場合は（ステップ S 220 が NO）、温度が高いセルの水分量は適正もしくは過剰と判断し、燃料電池の水分量を減少させるよう制御する（ステップ S 332）。

【0107】

因みに、ステップ S 320 またはステップ S 332 において水分量を減少させるには、加湿器 22 による加湿の停止、空気供給圧力低下または水素供給圧力増加による電解質膜への水分供給抑制等の、方法がある。また、ステップ S 331

において水分量を増加させるには、加湿器22による加湿量の増加、空気供給圧力増加または水素供給圧力低下による電解質膜への水分供給促進等の、方法がある。

【0108】

(他の実施形態)

上記実施形態では、セルモニタ12により、各セル毎の出力電圧を検出するようにしたが、複数個のセルを1つのセルグループとし、セルグループ毎の出力電圧を検出するようにしてもよい。

【0109】

また、上記実施形態では燃料通路30内で水素を循環させているが、循環方式に限らず、該流路30を開放させるようにしてもよいし、あるいは、閉塞するようにしても本発明は適用できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

第1実施形態の燃料電池システムの全体構成を示す概略図である。

【図2】

図1の制御部40にて実行される制御処理を示す流れ図である。

【図3】

水分過剰時の各セルの出力電圧の例を示す特性図である。

【図4】

水分不足時の各セルの出力電圧の例を示す特性図である。

【図5】

第2実施形態の制御処理を示す流れ図である。

【図6】

セルの電圧履歴の例を示す特性図である。

【図7】

第3実施形態の燃料電池システムにおける燃料電池10の構成を示す模式的な斜視図である。

【図8】

セル温度と出力電圧との相関を示す特性図である。

【図9】

水分不足時における、セルの位置に対するセルの出力電圧分布およびセル温度分布の例を示す特性図である。

【図10】

水分過剰時における、セルの位置に対するセルの出力電圧分布およびセル温度分布の例を示す特性図である。

【図11】

第3実施形態の制御処理を示す流れ図である。

【図12】

第4実施形態の燃料電池システムにおける燃料電池10の構成を示す模式的な斜視図である。

【図13】

第4実施形態におけるセルの位置に対するセルの温度分布の例を示す特性図である。

【図14】

第5実施形態の制御処理を示す流れ図である。

【符号の説明】

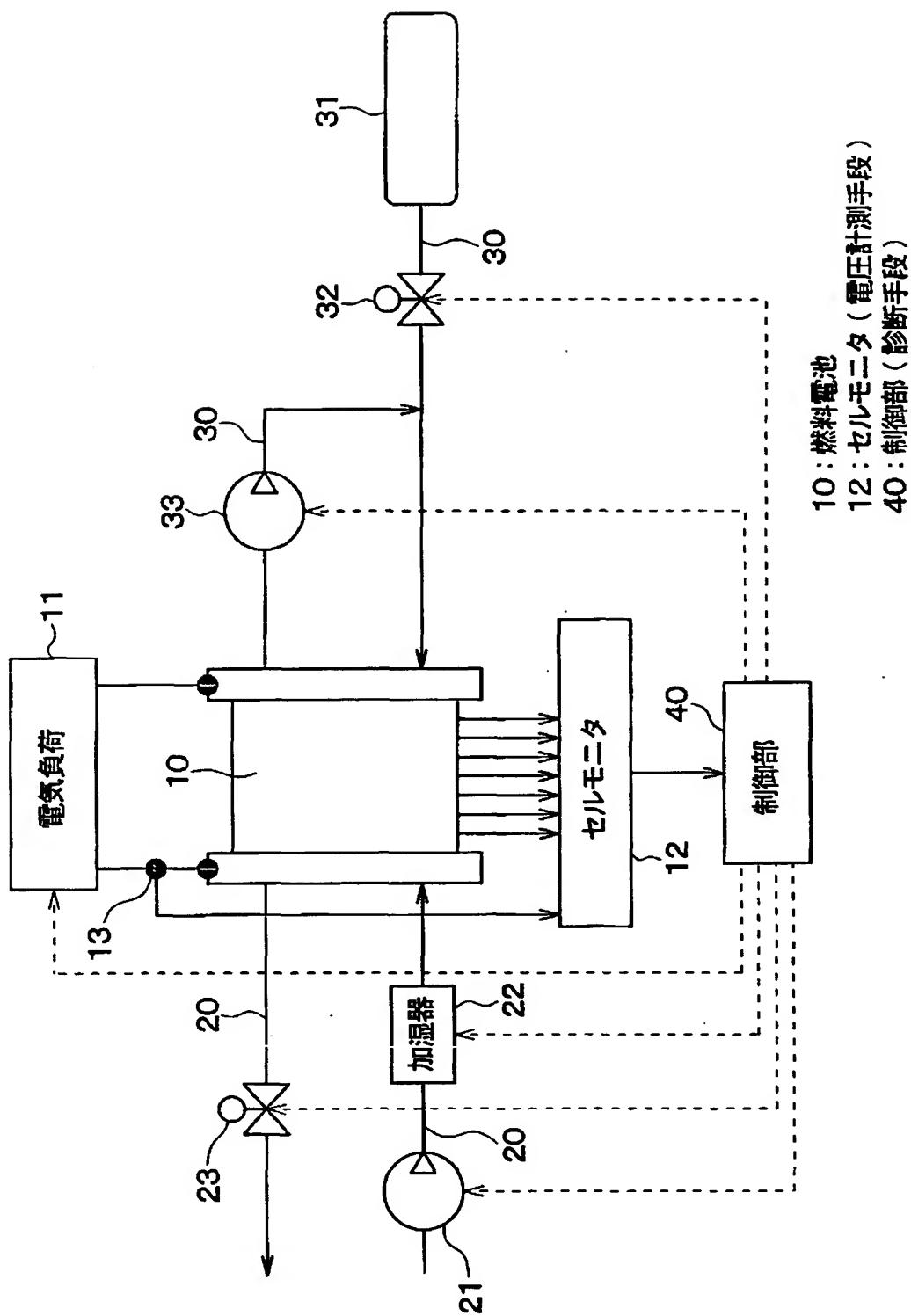
10…燃料電池、12…セルモニタ（電圧計測手段）、

40…制御部（診断手段）。

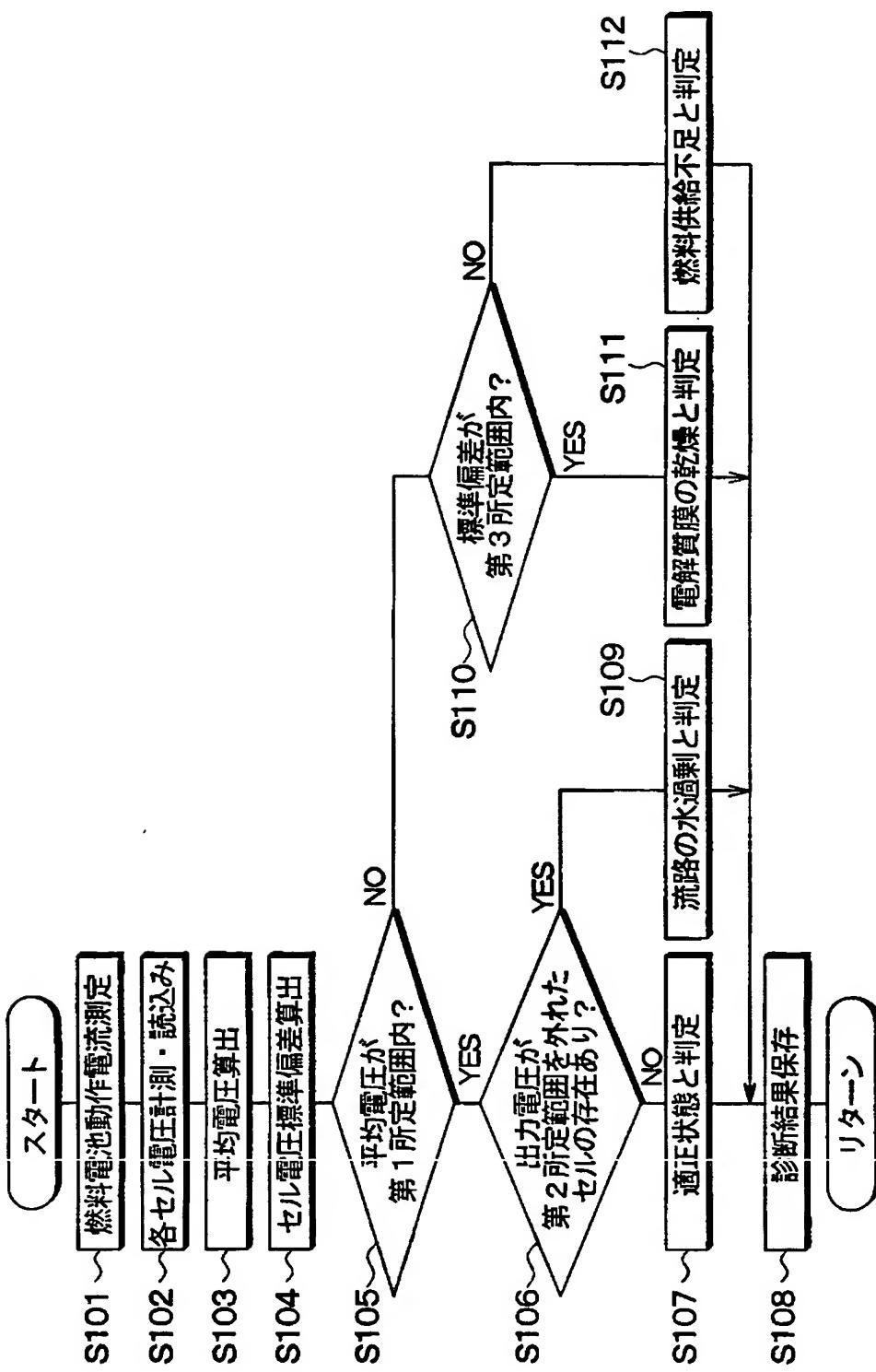
【書類名】

図面

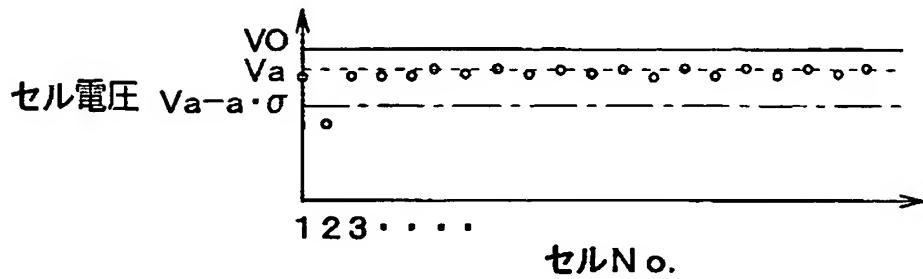
【図1】



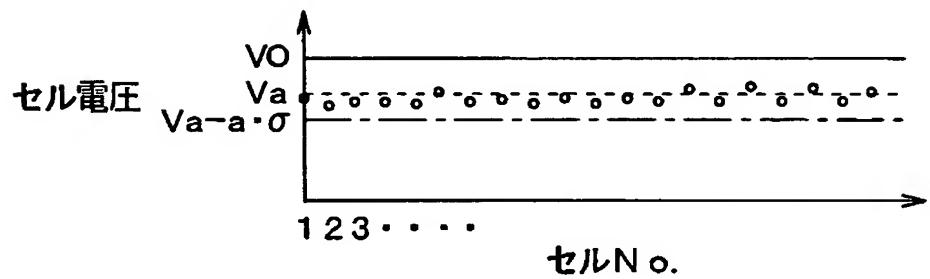
【図2】



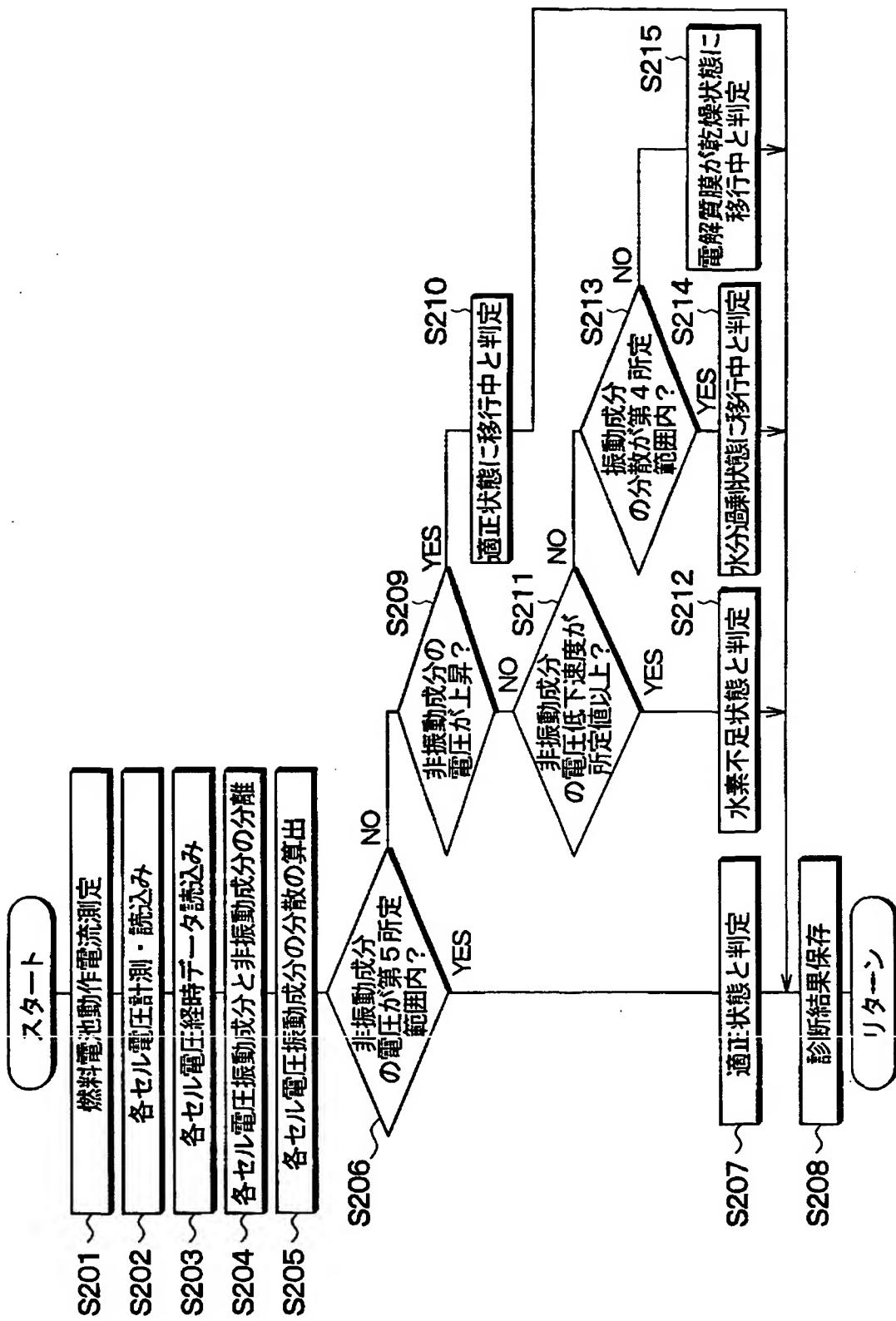
【図3】



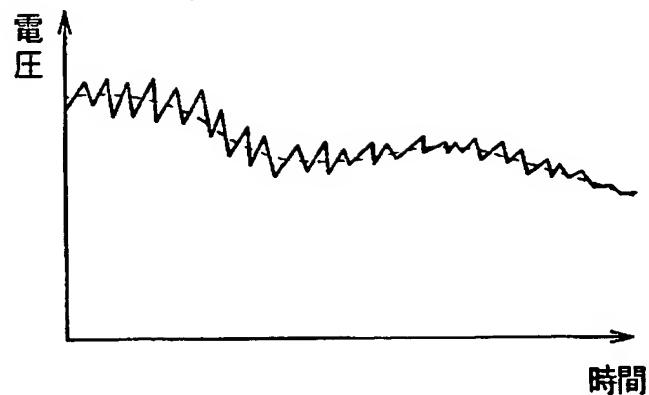
【図4】



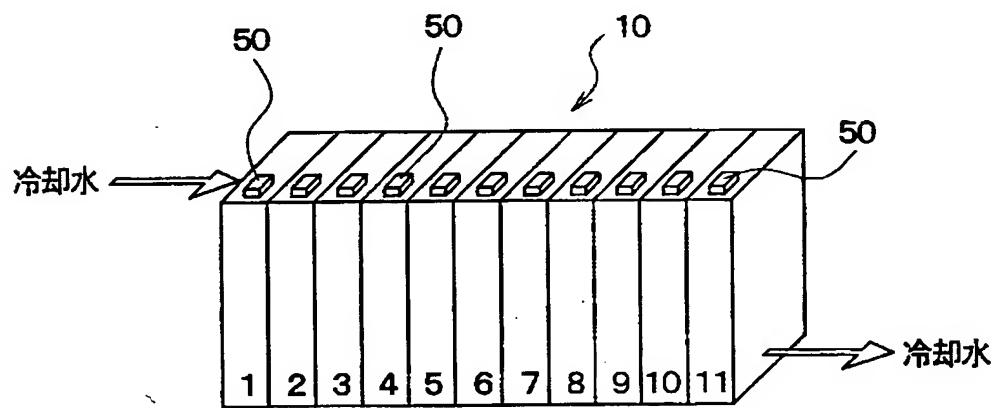
【図5】



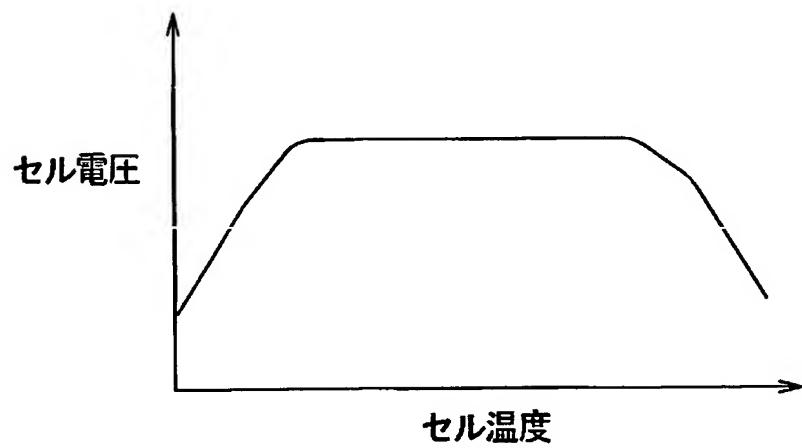
【図6】



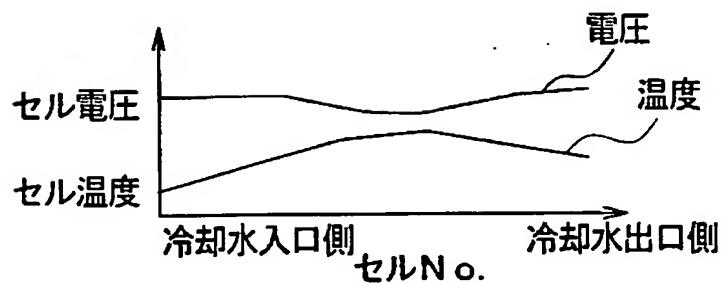
【図7】



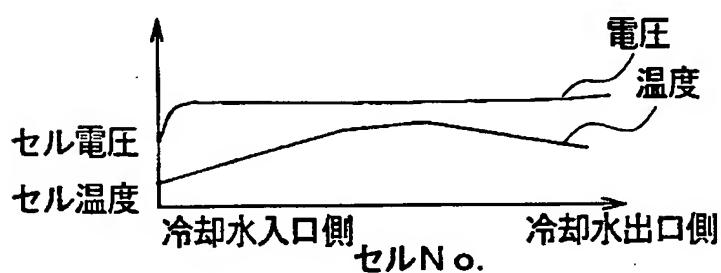
【図8】



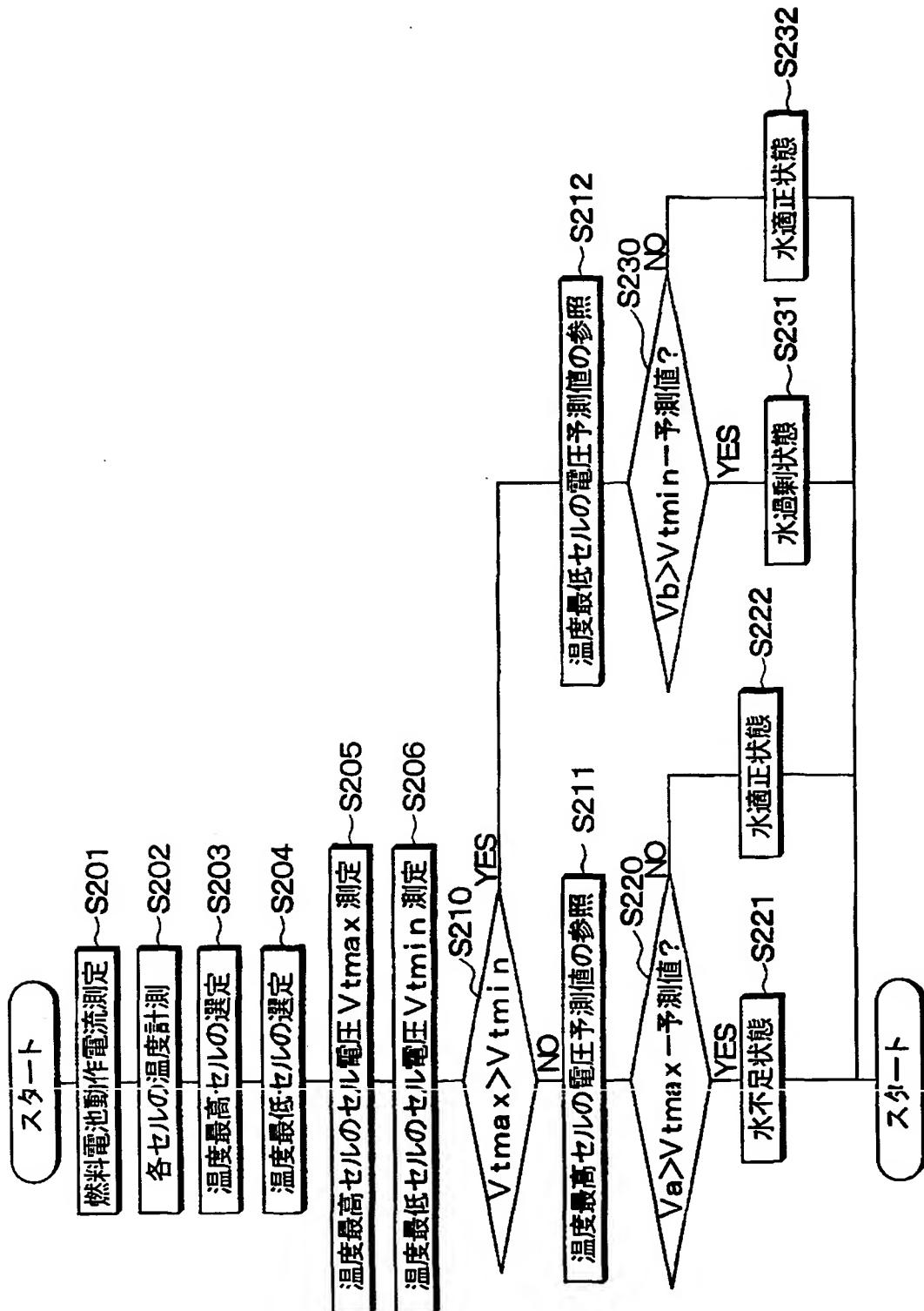
【図9】



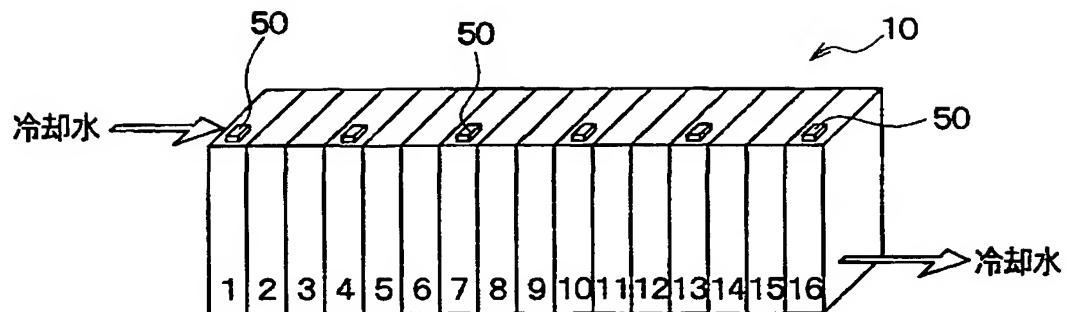
【図10】



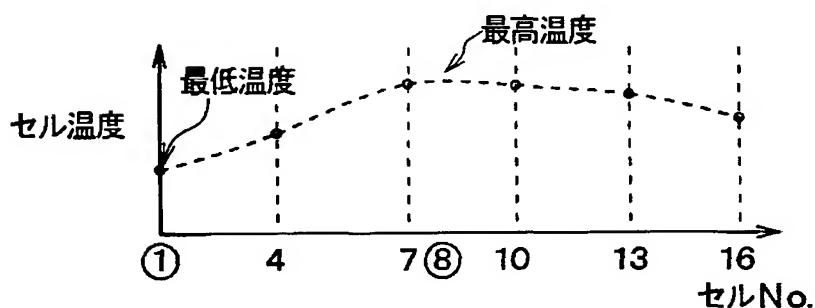
【図11】



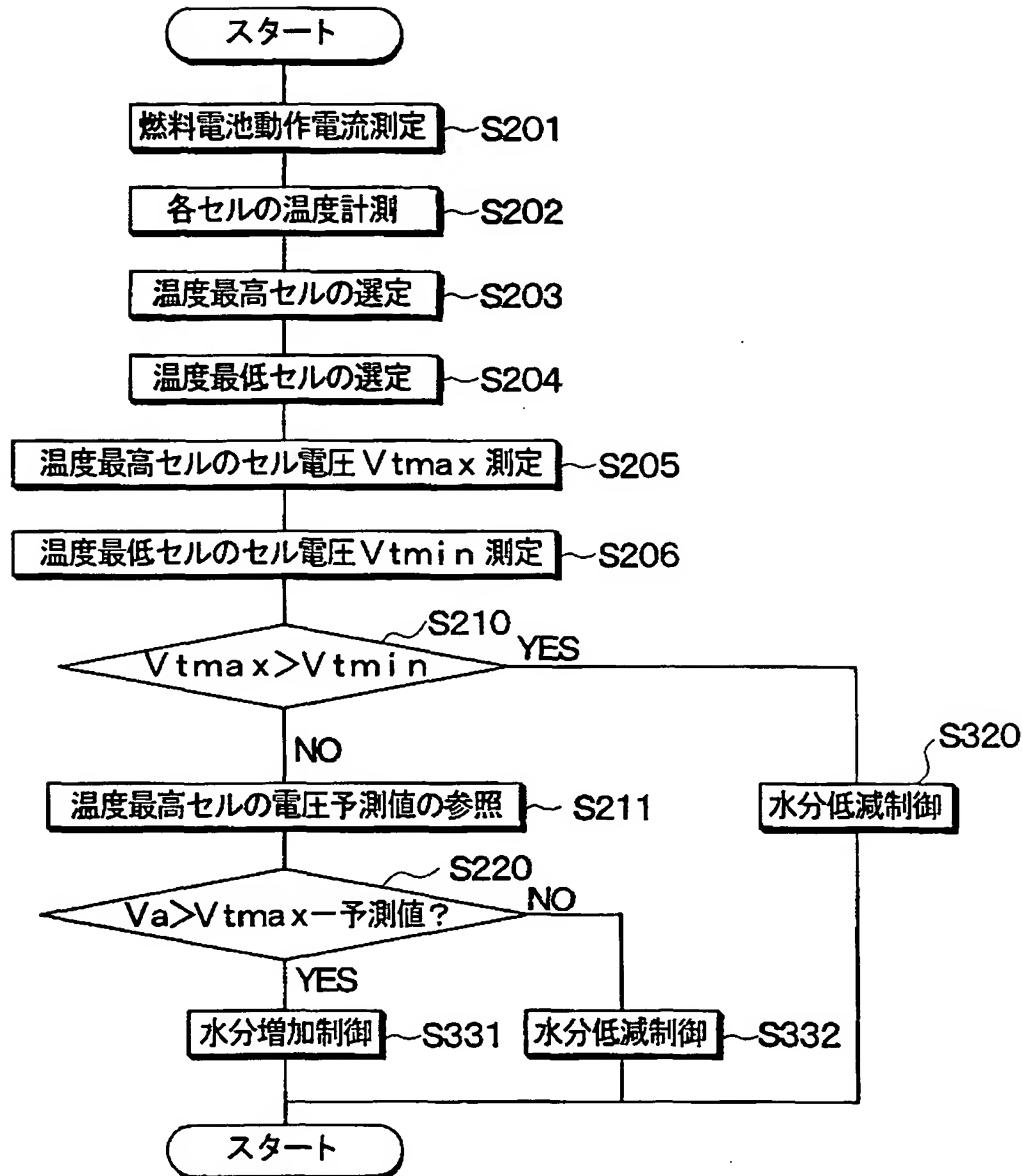
【図12】



【図13】



【図14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 出力変動の要因を推定可能にする。

【解決手段】 多数のセルを複数のセルグループに分けて、セルグループ毎の出力電圧を計測し、出力電圧の平均電圧、出力電圧の電圧ばらつき、および出力電圧に基づいて、燃料電池10の運転状態を診断する。平均電圧が第1所定範囲内であり、且つ出力電圧が第2所定範囲を外れるセルグループが存在するときには、流路の水が過剰であると推定し、また、平均電圧が第1所定範囲を外れ、且つ電圧ばらつきが第3所定範囲内であるときには、電解質膜が乾燥していると推定し、さらに、平均電圧が第1所定範囲を外れ、且つ電圧ばらつきが第3所定範囲を外れるときには、燃料ガスの供給量が不足していると推定する。

【選択図】 図1

特願 2003-165381

出願人履歴情報

識別番号 [000004260]

1. 変更年月日 1996年10月 8日

[変更理由] 名称変更

住 所 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
氏 名 株式会社デンソー